



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

Innovaciones metodológicas en docencia universitaria: resultados de investigación

Coordinadores

José Daniel Álvarez Teruel

Salvador Grau Company

María Teresa Tortosa Ybáñez

Coordinadores
José Daniel Álvarez Teruel
Salvador Grau Company
María Teresa Tortosa Ybáñez

© Del texto: los autores. 2016
© De esta edición:
Universidad de Alicante
Vicerrectorado de Estudios, Formación y Calidad
Instituto de Ciencias de la Educación (ICE), 2016

ISBN: 978-84-608-4181-4

Revisión y maquetación:
Salvador Grau Company
Daniel Gallego Hernández

14. **Coordinación vertical de las asignaturas de estructuras en el Grado de Ingeniería Civil, el Máster de Caminos, y el Máster de Materiales, Agua y Terreno**

*David Bru Orts; F.de Borja Varona Moya; F.J. Baeza de los Santos.
M. Angel Crespo Zaragoza; S. Ivorra Chorro*

Departamento de Ingeniería Civil
Escuela Politécnica Superior
Universidad de Alicante

RESUMEN. La implantación de las nuevas metodologías de enseñanza a partir de las directrices establecidas en el Espacio Europeo de Educación Superior, ha supuesto una renovación necesaria en los materiales docentes utilizados. En este sentido, el presente trabajo muestra los avances en el uso de programas informáticos para la resolución de estructuras desarrollado a lo largo de las diferentes asignaturas que conforman las titulaciones de Ingeniería Civil, el Máster de Caminos, Canales, y Puertos, así como el Máster de Ingeniería de los Materiales, Agua y Terreno de la Universidad de Alicante. De esta forma el alumno se aproxima a la realidad laboral, modelizando estructuras civiles partiendo previamente de información real de las mismas a través de visitas de campo. El uso de dichas herramientas se ha introducido de forma progresiva en las diferentes asignaturas del tal forma que el alumno se ha ido familiarizando con la resolución de estructuras a través de elementos barra, para continuar desarrollando elementos placa, modelos reológicos y análisis dinámicos de estructuras. Por ello, y con el fin de completar la educación de los alumnos, en el presente trabajo se ha tratado de aproximar al alumno a las estructuras reales y a su posterior modelización numérica.

Palabras clave: estructuras, modelos numéricos, ensayos de campo, dinámica, participación.

1. INTRODUCCIÓN

Esta red surge como continuación de otros proyectos de convocatorias anteriores dónde se planteaba el seguimiento de las nuevas metodologías docentes adoptadas con la aparición de las nuevas titulaciones de grado [1-2]. El enfoque dado en la presente edición del programa Redes [3] ha tratado de combinar los distintos criterios de enseñanza en el campo del análisis de estructuras, y plantear una posible metodología conjunta que abarcase los métodos clásicos y los nuevos, asociados a las nuevas tecnologías. Asimismo, este trabajo se enmarca dentro de las investigaciones para el desarrollo de las nuevas asignaturas de cálculo de estructuras, permitiendo acercar al alumno al proceso de modelización numérica de estructuras reales mediante programas informáticos. Además, forma parte de la línea de trabajo del grupo de investigación del Departamento de Ingeniería Civil, de la Universidad de Alicante, “GRESMES: Grupo de Ensayo, Simulación y Modelización de Estructuras”, desarrollado en las Redes propuestas para los últimos años. De esta forma, los trabajos realizados durante los últimos años, han servido para la preparación del material docente para el desarrollo de las actividades en el interior de las aulas, mediante el desarrollo de prácticas de laboratorio, y prácticas de cálculo de estructuras con ordenador, así como para la elaboración de posters informativos dispuestos en las aulas para facilitar la comprensión del comportamiento mecánico de las estructuras. Estos trabajos preliminares, sirvieron como base para fomentar la introducción de los alumnos al análisis de las estructuras desde un punto de vista mucho más práctico e intuitivo. Por ello, en el presente año, gracias al desarrollo de la Red 2015, se ha intentado dar un paso más en la aproximación de los alumnos a la realidad del cálculo de las estructuras, modelizando estructuras reales.

1.1. Problema/cuestión

Dentro del trabajo realizado durante la implantación de los estudios de grado, especialmente en Ingeniería Civil [4-7], las anteriores redes planteadas desde este grupo de trabajo, ya plantearon tanto nuevas metodologías como actividades docentes dentro de las asignaturas de Cálculo de Estructuras I y II [8-10]. Dichos cambios se realizaron acorde a la mentalidad de fomentar el aprendizaje de forma práctica a través de las prácticas de laboratorio en la asignatura de Cálculo de Estructuras I y mediante prácticas de ordenador en la asignatura de Cálculo de Estructuras II. De esta forma, además de familiarizar al alumno con la realidad de las estructuras a pequeña escala, se introducía por primera vez el manejo de herramientas informáticas. Por otro lado, y continuando con dicha filosofía de trabajo se planteó el problema de como continuar implementando de forma progresiva estas nuevas metodologías educativas en el resto de asignaturas y titulaciones relacionadas con el cálculo de estructuras, dentro de la titulación de Grado en Ingeniería Civil, el Máster en Ingeniería de Materiales, Agua y Terreno, así como en el Máster de Caminos, Canales y Puertos, debido a su nueva implantación en el curso 2014-2015 [11], de tal forma que el alumno fuera capaz de dar un paso más dentro de los conocimientos adquiridos en las asignaturas anteriores, dentro del cálculo de estructuras.

1.2. Revisión de la literatura

Históricamente los mecanismos de docencia en las titulaciones de Ingeniería Civil, se basaban en dotar al alumno de un elevado número de herramientas matemáticas asociadas a los primeros años de docencia. En los años posteriores, se comenzaba a introducir la realidad de las estructuras a dichos alumnos, gracias a las asignaturas de Cálculo de Estructuras de Hormigón o Metálicas. Este hecho, ocasionaba una pérdida de interés por parte del alumno matriculado en los estudios de ingeniería en los primeros años, dando como resultados unos valores bajos de los índices de eficiencia.

Con el fin de analizar dicho problema e introducir diversas soluciones desde el punto de vista metodológico, la presente Red da un paso más a los trabajos realizados en convocatorias anteriores del programa Redes. Dichos trabajos previos, se enmarcan dentro de un proyecto global realizado desde el departamento de Ingeniería Civil, e iniciado ya en convocatorias anteriores del programa Redes. A continuación se muestran las referencias a dichos trabajos. En primer lugar, se procedió a la explicación de las diferentes técnicas y materiales docentes en las asignaturas de estudio [1-2], a continuación se mostraron las nuevas dinámicas a desarrollar en las aulas, a través del desarrollo de sesiones de prácticas tanto en laboratorio como en ordenador, [8-10]. Asimismo, se desarrollaron materiales audiovisuales para el apoyo al estudio individual y para el refuerzo de las clases teórico-prácticas, accesibles en la web [12].

Para el desarrollo eficaz de las actividades antes planteadas, se sirvió de las experiencias previas realizadas por otras universidades [13-15], así como de los materiales editados en congresos tales como los organizados por la Asociación Científico-técnica del Hormigón Estructural (ACHE) [17-20]. En dichos trabajos se proponían actividades grupales y dinámicas de participación colaborativa entre los diferentes alumnos, además de permitirles de forma práctica observar el comportamiento real de las estructuras [16].

1.3. Propósito

El principal propósito del presente trabajo es aproximar al alumnado a la realidad del cálculo y la modelización estructural de estructuras reales, permitiendo avanzar en la concepción global del cálculo estructural, en comparación con los análisis realizados en los cursos anteriores. A fin de poder desarrollar el objetivo planteado en la red, se plantea una estrategia de formación continua mediante una coordinación vertical entre las diferentes asignaturas dentro del área del cálculo estructural para las diferentes titulaciones gestionadas, Grado de Ingeniería Civil, Máster de Caminos, Canales y Puertos y Máster de Materiales, Agua y Terreno, de tal forma que se combinen las actividades docentes realizadas tradicionalmente en dichas titulaciones, asociadas con didácticas sin carácter informático, con actividades de modelización numérica. De esta forma, se pretende conseguir sinergias entre las diferentes metodologías de enseñanza, permitiendo una mejor asimilación global, por parte del alumno, del comportamiento global de las estructuras, a partir de las actividades realizadas en

las asignaturas de Puentes (33553), Cálculo Avanzado de Estructuras (33551) e Ingeniería Sísmica (49620).

2. METODOLOGÍA

El trabajo de investigación realizado en la presente red se ha estructurado en varias partes en función de los objetivos planteados inicialmente. De esta forma, la primera fase de trabajo ha consistido en aproximar a los alumnos de las titulaciones del Máster de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos, Grado en Ingeniería Civil y Máster en Ingeniería de Materiales, Agua y Terreno, a diferentes tipologías estructurales reales. De esta forma, se ha pretendido mostrar el caso de una estructura singular de hormigón, una estructura clásica de acero, y una estructura clásica de madera, Figura 1 y Figura 3.

Durante el desarrollo de estas visitas, el equipo docente pudo valerse de ejemplos reales para explicar a los alumnos distintas singularidades de las obras visitadas. En la segunda fase de trabajo, se procedió a la modelización numérica de la estructura a partir de los conocimientos adquiridos durante las visitas a las estructuras, y aplicando diversas simplificaciones propias para el nivel de complejidad asumidas en los diferentes modelos. Las tres estructuras analizadas consistieron en un puente en arco de hormigón ejecutado sobre el río Tajo, en la provincia de Cáceres. Una pasarela metálica en cajón en la provincia de Alicante, y un forjado de madera, analizado dentro de los nuevos laboratorios de la Universidad de Alicante.

Figura 1. Perspectiva general-Visita puente sobre el Río Tajo. Cáceres



Figura 2. Alzado-Visita puente sobre el Río Tajo. Cáceres

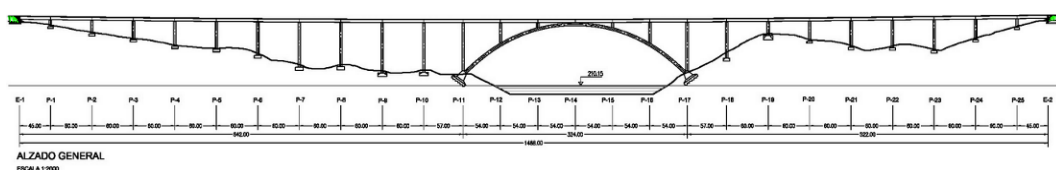


Figura 3. Perspectiva general. Izq.: Pasarela metálica en el barrio de San Gabriel, Alicante. Drcha.: Forjado de madera en laboratorios Universidad de Alicante



3. RESULTADOS

3.1. Fase 1: Descripción general de las estructuras y detalles constructivos

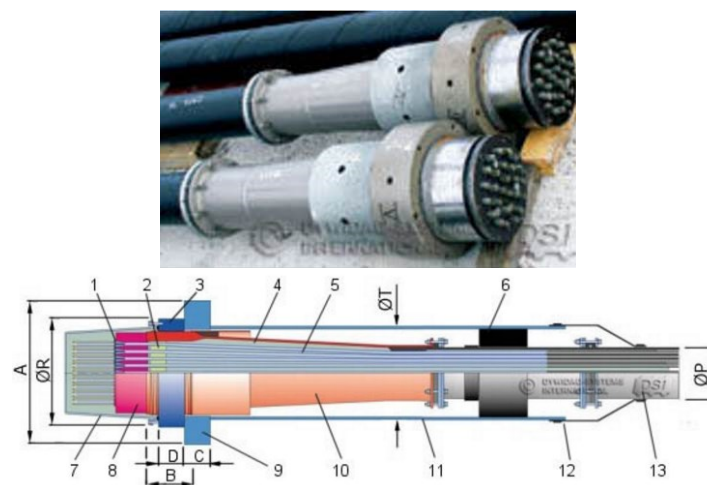
La primera estructura analizada, puente en arco de hormigón ejecutado sobre el río Tajo, en la provincia de Cáceres, se caracteriza por ser un puente destinado al tránsito de trenes de Alta Velocidad, con una longitud total de 1488m. Específicamente, la línea que cubre la estructura analizada se corresponde con la línea Madrid-Extremadura. Dicha estructura está constituida por dos vanos de aproximación lateral formada por una sección en cajón de hormigón pretensado de 4 m de canto y de 5 m y 6.50m de ancho para la cabeza superior e inferior de la sección, y de pilas de hormigón separadas 57 m Figura 2. Dicho tablero se remata superiormente con dos alas laterales para completar un ancho total de tablero de 14m, asegurando de esta forma el ancho necesario para establecer la plataforma de la vía del tren de Alta Velocidad. Otro elemento fundamental que constituye la estructura del viaducto son las pilas, Figura 4. Dichos elementos están constituidos por una sección en cajón rectangular de 3m de ancho constante, siendo los espesores para todos los elementos estructurales de valor 0.5m. Finalmente, la parte fundamental del viaducto la constituye el arco central, el cual permite salvar la distancia entre las dos orillas del río Tajo. Dicho arco cubre una luz total de 324m, con directriz curva y sección en cajón de canto variable entre 3.5m y 4m de canto.

Figura 4. Detalles de Pilas, cables y torres de atirantado provisional. Visita puente sobre el Río Tajo. Cáceres



La visita con los alumnos permitió mostrar las singularidades propias a esta tipología estructura. En este sentido se debe destacar la influencia de las torres de atirantado provisional, Figura 4. Dichas torres, están constituidas por perfiles de acero soldados de elevada resistencia y permiten realizar las labores de montaje de las dovelas de hormigón que constituyen el arco principal del viaducto. De esta forma, se montan en diferentes fases constructivas los encofrados de hormigón, y permiten el lanzamiento del arco progresivamente desde ambos márgenes del río hasta el proceso de cierre final por contacto de ambos semiarcos en la zona de clave. Por otro lado, otro elemento fundamental de esta tipología de viaducto, son los cables de pretensado provisional y los sistemas de anclaje de dichos cables al cimiento, Figura 5 y Figura 6. En este sentido, y de forma general, se les explicó a los alumnos el sistema de anclaje de la casa comercial Dywidag En concreto se les explicó el sistema de anclaje Dyna Bond. Dicho sistema consiste en un tubo cónico de acero (zócalo de anclaje), que soporta una placa de una placa de acuñado, donde los cables son anclados con cuñas de 3 piezas. Se coloca una tuerca anular sobre la punta roscada del zócalo de anclaje y se distribuye el esfuerzo del cable a través de una placa de apoyo a la estructura.

Figura 5. Detalles del sistema de anclaje (I). Visita puente sobre el Río Tajo. Cáceres



1: Cuñas, 2: Distanciadores, 3: Tuerca anular, 4: Material de relleno, 5: Cables. 6: Apoyo elastómero, 7: Caperuza, 8: Placa de acuñado, 9: Placa de apoyo, 10: Zócalo de anclaje, 11: Tubo de protección para encofrado, 12: Cono de Protección para encofrado, 13: Encamisado HDPE.

Figura 6. Detalles del sistema de anclaje (II). Visita puente sobre el Rio Tajo. Cáceres

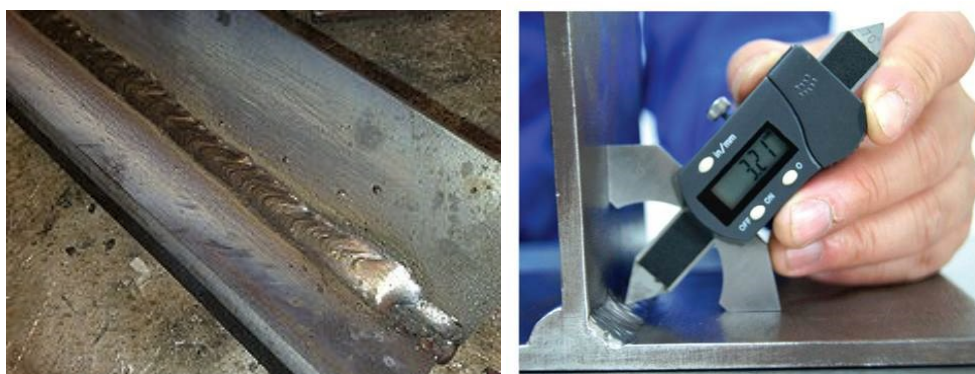


Durante la fase constructiva anterior a la aplicación de la lechada en el zócalo de anclaje, las cargas aplicadas son soportadas directamente por las cuñas. Una vez relleno el zócalo de anclaje con lechada de cemento o epoxi, las cargas posteriores (incluyendo cargas dinámicas derivadas del tráfico, vibraciones y terremotos) son parcialmente absorbidas en las cuñas y parcialmente transmitidas a la zona de adherencia entre cables y el zócalo de anclaje, directamente a la placa de apoyo y la estructura. En la Figura 5, se muestran más detalles asociados al sistema de anclaje, así como un despiece de cada uno de los componentes que conforman el sistema de anclaje. Por otro lado, los cables utilizados están constituidos generalmente por 7 alambres conformados en frío, galvanizados, encerados y revestidos de PE, baja relajación, diámetros de hasta 0.62", así como tipos de acero de hasta 1860 mm². Por último, otro de los aspectos fundamentales de esta tipología estructural, es el proceso de tesado de los cables. De forma general, dicho proceso consiste en tesar todos los cables que están dispuestos dentro del tendón, simultáneamente con un gato hidráulico adosado al anclaje. Actualmente, el uso de dichos gatos pueden alcanzar fuerzas de tesado de hasta 15000kN. En la Figura 7, se muestran diferentes ejemplos del proceso de postesado.

Figura 7. Ejemplos de procesos de tesado de cables



Figura 8. Ejemplo de cordón de soldadura y sistema de medición digital



La segunda estructura analizada consistió en una pasarela peatonal metálica, dispuesta en el barrio de San Gabriel, Alicante, Figura 3. Dicha estructura presenta una longitud total entre apoyos de 20m, con un ancho de paso de 2.36m. La estructura está conformada por perfiles UPN soldados en cajón, formando una celosía con cordones dispuestos cada 2m. Además, para permitir el paso de los peatones sobre la misma, y servir como elemento de arriostramiento lateral, la estructura dispone de una losa de hormigón armado de 8cm de espesor. La visita con los alumnos permitió mostrar las singularidades propias a esta tipología estructural. En este sentido, durante el desarrollo de la experiencia se explicó la diferencia entre perfiles laminados y perfiles soldados. Los primeros son piezas únicas que se obtienen por laminación de tochos procedentes del proceso de colada continua del acero. Estos perfiles, no presentan soldaduras y su nivel de tensiones residuales localizadas es muy reducido. Por otro lado, los perfiles soldados, son aquellos fabricados mediante el corte, la composición y soldadura de chapas planas o conformados por la unión de perfiles laminados de acero. Asimismo, el desarrollo de la práctica sirvió para explicar los conceptos de garganta de soldadura y el procedimiento habitual de comprobación de la misma en la unión de perfiles metálicos mediante sistemas de medición digital, Figura 8., a fin de poder entender por parte del alumno la importancia de controlar durante el proceso de ejecución de uniones metálicas las características de las mismas, ya que un exceso de soldadura podría derivar en un aumento de zonas con concentración de tensiones. Por último, debido a la tipología del forjado utilizado en esta estructura, se aproximó a los alumnos al concepto de forjado mixto hormigón-acero, con chapa colaborante, Figura 9.

Figura 9. Ejemplo de forjado mixto durante el proceso de montaje. Detalle de la conexión



Dichos forjados están constituidos por una chapa grecada de acero sobre la cual se vierte una losa de hormigón que contiene una malla de armadura, destinada a mitigar la fisuración del hormigón debida a la retracción y a los efectos de la temperatura. En este tipo de forjados, la chapa grecada sirve de plataforma de trabajo durante el montaje, de encofrado para el hormigón fresco y de armadura inferior para el forjado después del endurecimiento del hormigón. Asimismo, dicho forjado puede actuar como arriostramiento horizontal de la estructura metálica durante la fase de montaje, y está conectada a la losa de hormigón mediante unos conectores metálicos soldados a las vigas de acero sobre las que apoyan las grecas metálicas.

Figura 10. Ejemplos de madera aserrada y madera laminada



La tercera estructura analizada consistió en un forjado de madera, dispuesto en los laboratorios del Departamento de Ingeniería Civil, en la Universidad de Alicante. Dicho forjado estaba constituido por dos vigas de madera laminada de $80 \times 160 \text{ mm}^2$ de sección transversal y 3.04 m de longitud, separadas transversalmente entre sí 1.1 m . Sobre dichas vigas, se dispuso un tablero de madera compuesto de fibras encoladas de densidad media, DM, de dimensiones $2.1 \times 2.84 \text{ m}^2$ y 3 cm de espesor, Figura 3.

La visita con los alumnos permitió mostrar las singularidades propias a esta tipología estructural. En este sentido, se debe destacar la novedad para los alumnos de las titulaciones relacionadas con Ingeniería Civil, del uso de materiales como la madera. De esta forma, el desarrollo de la práctica sirvió para explicar las diferencias entre madera aserrada y madera laminada, Figura 10, así como para dar una breve explicación de las tipologías de tableros de madera normalmente utilizados en el ámbito de la ingeniería civil. Estas nociones permitieron introducir conceptos relacionados con la presencia de nudos, fendas de secados, bolsas de resina y otros defectos habituales en las estructuras de madera. Además se familiarizó a los alumnos con las ventajas e inconvenientes de seleccionar un tipo u otro de vigas de madera en función de las características técnicas de la construcción.

Figura 11. Modelo numérico-Visita puente sobre el Río Tajo. Cáceres

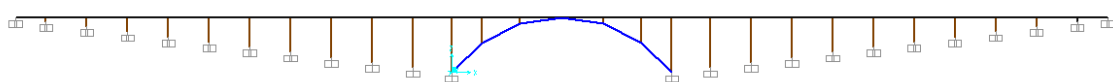


Figura 12. Modelo numérico-Visita pasarela metálica en el barrio de San Gabriel, Alicante

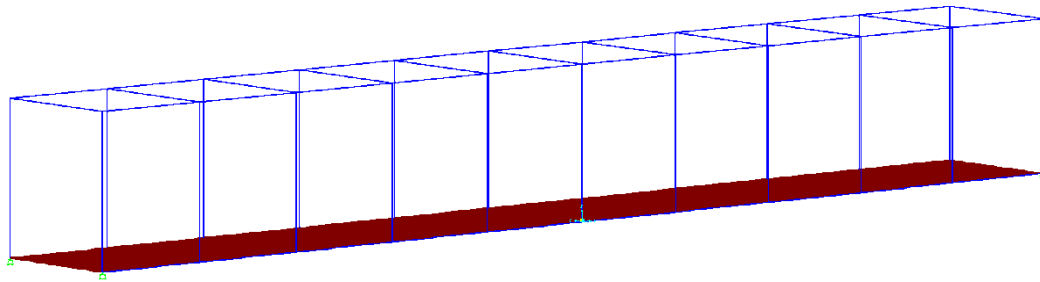
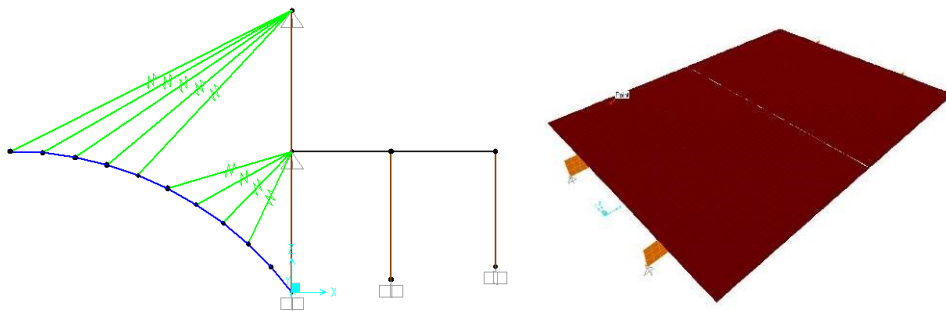


Figura 13. Modelo numérico-Izq.: Visita puente sobre el Río Tajo. Cáceres. Drcha.: Forjado de madera en laboratorios Universidad de Alicante



3.2. Fase 2: Modelización numérica de las estructuras analizadas

Durante la segunda fase de desarrollo de esta red, se pretendió unificar los conceptos de las metodologías de enseñanzas clásicas, mostradas en el apartado anterior, con los nuevos sistemas de cálculo estructural. De esta forma en esta segunda parte del proceso de coordinación se ha pretendido que los alumnos fueran capaces de modelizar numéricamente las estructuras anteriores. Con este fin, se realizaron cuatro modelos numéricos, Figura 11 a Figura 13. El primer modelo, representa la estructura de hormigón del puente en arco en la provincia de Cáceres. Dicho modelo está constituido por un total de 60 elementos tipo frame, habilitados para el cálculo lineal. Las condiciones de contorno seleccionadas según la información preliminar recogida durante la visita a la obra son de apoyos empotrados en todas las bases de las pilas. Asimismo, se asignaron las secciones resistentes definidas en la descripción geométrica del puente de los apartados anteriores, a fin de representar con la mayor exactitud posible la realidad del puente. El segundo modelo analizado se corresponde con una fase constructiva asociada a la ejecución del viaducto. En este segundo caso, el modelo consta de un total de 16 elementos frame, y 9 elementos link, definidos para el cálculo no lineal. En este segundo modelo, se prestó especial atención a proceso constructivo y el efecto del comportamiento de los cables y las torres de atirantamiento provisional. Por otro lado, el tercer modelo analizado se correspondía con la pasarela peatonal del barrio de San Gabriel. En este caso, el modelo incluía un total de 353 elementos frames que representaban los perfiles metálicos, y un total de 2700 elementos Shell, que representaban el comportamiento del forjado de hormigón que apoyaba sobre

los perfiles transversales de acero antes comentados. Por último, el cuarto modelo analizado, representa el comportamiento del forjado de madera estudiado en los laboratorios de la universidad de Alicante.

Una vez realizados los modelos numéricos por parte de los alumnos, se procedió a analizar el comportamiento estructural de los mismos. De esta forma los alumnos pudieron evaluar las singularidades de las estructuras tanto en lo relacionado a la distribución de esfuerzos como al análisis modal, bajo diferentes hipótesis de cálculo, desarrolladas durante las diferentes sesiones con los alumnos, Figuras 14 y 15. Además, dichas actividades permitieron mostrar a los alumnos la relación directa entre las diferentes asignaturas coordinadas en esta red, pues permitió relacionar los conceptos asumidos en las asignaturas de Puentes (33553), con los procesos de modelización numérica adquiridos en la asignatura de Cálculo Avanzado de Estructuras (33551), y los efectos dinámicos de las mismas, aprendidos en la asignatura de Ingeniería Sísmica (49620).

Figura 14. Resultados modelo numérico-Visita puente sobre el Rio Tajo. Cáceres

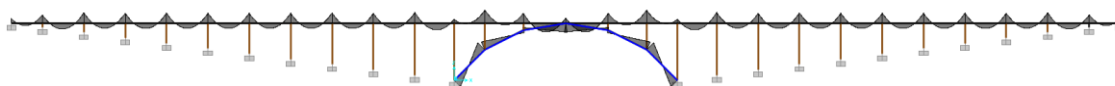
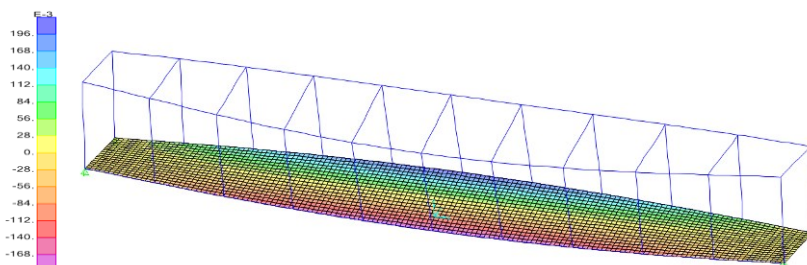


Figura 15. Resultados modelo numérico- Visita pasarela metálica en el barrio de San Gabriel, Alicante



3.3. Fase 3: Carácter participativo de la red

Finalmente, como última fase del desarrollo de la red de coordinación realizada durante el año 2014-2015, se quiso contar con el carácter participativo de los alumnos durante cada una de las visitas realizadas. En este sentido, en las visitas a la pasarela del barrio de San Gabriel y a los laboratorios de la Universidad de Alicante, se incluyó una serie de actividades a fin de que los alumnos tomaran consciencia real del significado del comportamiento dinámico de las estructuras, más allá del mero resultado obtenido en el ordenador a través del modelo numérico. De esta forma, en ambas estructuras se procedió a excitar dinámicamente las estructuras a través del paso de los alumnos por encima de las mismas, Figura 16. Dicha excitación consistió en primer lugar en la excitación cíclica de tres peatones dispuestos en el centro del vano de la pasarela metálica, saltando de forma sincronizada a la frecuencia de resonancia del primer modo fundamental de flexión. En segundo lugar, en la estructura de madera se procedió

a una excitación continuada por el efecto del tránsito de peatones a diferentes velocidades. Dichas excitaciones generaron un registro de aceleraciones que posteriormente sería tratado numéricamente, para obtener parámetros de amortiguamiento, y frecuencias naturales de vibración. Para una descripción en detalle de estas experiencias y sus resultados asociados, se recomienda consular la comunicación incluida en las recientes Jornadas organizadas dentro del Programa Redes [21]

Figura 16. Ejemplos de la participación del alumnado



4. CONCLUSIONES

Tras varios años de introducción de aplicaciones informáticas en la docencia de las asignaturas de cálculo de estructuras, acorde a las nuevas metodologías de enseñanza, se ha podido desarrollar una metodología didáctica capaz de relacionar los métodos clásicos de cálculo de estructuras, con los procedimientos experimentales, y las técnicas de modelización numérica, más acordes con la actualidad. En este sentido, se ha podido unificar por parte de los alumnos, conocimientos de las asignaturas relacionadas con técnicas de construcción, o más directamente con técnicas de materiales, como podían ser las asignaturas de hormigón y metálicas, con los conocimientos propios de las asignaturas de diseño o modelización numérica de estructuras. Asimismo, se ha dado un paso más en el desarrollo teórico-práctico de la docencia en las aulas, al permitir relacionar directamente conceptos avanzados de dinámica estructural, con la experiencia práctica de sentir individualmente por los alumnos la relación entre la realidad matemática y la experiencia de dichos conceptos.

5. DIFICULTADES ENCONTRADAS

Durante el proceso de preparación del proyecto se planteó, por un lado, el problema relacionado con la selección del software informático para las posteriores modelizaciones numéricas de las estructuras y por otro, la búsqueda y selección de las tipologías estructurales más idóneas en relación al ámbito de la ingeniería civil, y en especial, al ámbito del futuro trabajo de los alumnos, o futuros ingenieros, que cursen las titulaciones de la Universidad de Alicante. Desde el punto de vista de la selección del programa de cálculo, se decidió continuar con el manejo del programa comercial utilizado en los anteriores cursos de docencia, con el fin de aprovechar el tiempo invertido por los alumnos y facilitar de esta forma el proceso

de aprendizaje. Sin embargo, este hecho planteó el dilema de que los futuros ingenieros estarían muy familiarizados con un tipo específico de programa comercial, en vez de en el uso de una herramienta de cálculo abierta o gratuita. Por otro lado, desde el punto de vista de la selección de las estructuras, se encontró el problema de la organización y la movilización necesaria de los alumnos para poder visitar obras emblemáticas situadas fuera de la provincia.

6. PROPUESTAS DE MEJORA

En relación a lo comentado en el apartado anterior, especialmente en lo dispuesto al manejo del software específico, se debe comentar que gracias a la reestructuración realizada al implantarse las nuevas titulaciones de grado, se han sentado unas bases comunes a todas las asignaturas del ámbito de conocimiento, como puede ser el uso del mismo software específico de cálculo en diferentes asignaturas. Este hecho permite incluso conocer la formación básica de nuestros estudiantes y las carencias que pudiesen tener, en cuanto al cálculo de estructuras se refiere. De esta manera, y asumiendo que el manejo del programa informático es una herramienta para facilitar la asimilación de conceptos estructurales, en pro de acelerar los procesos de cálculo en comparación con los cálculos realizados a mano, desde este grupo de trabajo, y con el diálogo con el alumnado, se está analizando la repetición y ampliación del curso complementario para el manejo del programa de cálculo, ya realizado durante el año 2013-2014 (Figura 17).

Figura 17. Curso de formación continua sobre cálculo de estructuras con SAP2000



7. PREVISIÓN DE CONTINUIDAD

El trabajo realizado dentro de la presente Red y sus predecesoras se encuentra en constante desarrollo. Los puntos pendientes que definen las líneas de actuación para los próximos cursos pueden resumirse en: ampliar la temática tratada en las aplicaciones; revisión de la oferta y diseño de nuevos cursos de formación extracurriculares que complementen la formación del alumnado; gestión y difusión de los recursos docentes electrónicos actuales y futuros.

Asimismo una vez asentadas estas herramientas, se puede plantear la posibilidad de ampliar la oferta del programa de cálculo utilizado para mejorar así los recursos tecnológicos de los egresados por la Universidad de Alicante, o incluso trabajar en el desarrollo de una herramienta de cálculo gratuita mediante la colaboración con otras universidades, o mediante la colaboración misma de los alumnos.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Baeza, F.J., Bru, D., Ivorra, S. & Segovia, E. (2012) Red para el diseño y adaptación de las prácticas de laboratorio de las asignaturas de cálculo de estructuras en ingeniería civil al EEES. En J.D. Álvarez Teruel, M.T. Tortosa Ybáñez y N. Pellín Buades, *Diseño de acciones de investigación en docencia universitaria* (pp. 940-954), Universidad de Alicante.
- [2] Baeza, F.J., Bru, D., Ivorra, S. & Segovia, E. (2013) Diseño y adaptación de las prácticas de cálculo de estructuras del grado de ingeniería civil. En J.D. Álvarez Teruel, M.T. Tortosa Ybáñez y N. Pellín Buades, *La producción científica y la actividad de innovación docente en proyectos de redes* (pp. 140-156), Universidad de Alicante.
- [3] Programa redes de la UA: <http://web.ua.es/es/ice/redes/proyecto-redes-de-investigacion-en-docencia-universitaria.html> (último acceso 9-2014)
- [4] Orden ministerial CIN/307/2009, de 9 de Febrero. (BOE núm. 42, pág. 17166 de 18 de febrero de 2009) por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Ingeniero Técnico de Obras Públicas.
- [5] Normativa para la elaboración de títulos de Grado de la UA. BOUA 24 julio 2007.
- [6] BOUA 4 julio 2008. Normativa de la UA para la implantación de títulos de grado.
- [7] Ivorra, S., Bañón, L., Saval, J.M., Escapa, A., Ortuño, A., & Serrano, M. (2010). Red de desarrollo y diseño curricular en la futura titulación de graduado en Ingeniería Civil Programa Redes: Proyectos y resultados. Editorial Universidad de Alicante, pp. 787-807.
- [8] Bru, D., Baeza, F.J., Ivorra, S. & Segovia, E. (2012). Reorganización de la docencia de estructuras en el grado de ingeniería civil adaptado al EEES. *En X Jornadas Redes: La participación y el compromiso*.
- [9] Ivorra, S., Segovia, E. & Bru, D. (2011). Cuaderno de prácticas informáticas de Cálculo de Estructuras I. Universidad de Alicante, ISBN 978-84-95434-93-7
- [10] Ivorra, S., Segovia, E., Bru, D. & Baeza, F.J. (2013). Cuaderno de prácticas informáticas de Cálculo de Estructuras II. Universidad de Alicante, ISBN 978-84-940024-6-5

- [11] Orden ministerial CIN/309/2009, de 9 de febrero, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.
- [12] Biblioteca visual: clases. <http://icplus.eps.ua.es> (último acceso 9-2014)
- [13] Jenkins, S.R., Pocock, J.B., Zuraski, P.D., Meade, R.B., Mitchell, Z.W. & Farrington, J.J. (2002). Capstone course in an integrated engineering curriculum. *J. Prof. Issues Eng. Educ. Pract.* 128(2), 75-82.
- [14] Setareh, M. (2001). Development of a teaching tool for building construction. *J. Archit. Eng.*, 7(1), 6-12.
- [15] Romero, M.L. & Museros, P. (2002). Structural Analysis through Model Experiments and Computer Simulation. *J. Prof. Issues Eng. Educ. Pract.*, 128(4) 170-175.
- [16] Feisel, L.D. & Rosa, A.J (2005).. The Role of the Laboratory in Undergraduate Engineering Education. *J. Eng. Educ.*, 94(1), 121-130.
- [17] Chacón, R., Real, E. & Mirambell, E. (2013). La revista Eduacero. Una publicación digital estudiantil arbitrada para la difusión libre de la enseñanza de estructuras metálicas. *En III Jornadas Internacionales de Enseñanza de la Ingeniería Estructural*.
- [18] Lapuebla, A., Pons, D., Espinós, A., Romero, M.L. & Jiménez, A.J. (2013). Diseño de prácticas de laboratorio para la asignatura “Estructuras” del Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales. *En III Jornadas Internacionales de Enseñanza de la Ingeniería Estructural*.
- [19] Bru, D., Ivorra, S., Baeza, F.J. & Segovia, E. (2013). Innovación en la docencia de cálculo de estructuras mediante prácticas de laboratorio *En III Jornadas Internacionales de Enseñanza de la Ingeniería Estructural*.
- [20] Brotons, V., Baeza, F.J., Crespo, M.A. & Ivorra, S. (2014). Desarrollo de aplicaciones interactivas para la docencia de estructuras en Ingeniería Civil. *En XII Jornadas de Redes de Investigación en Docencia Universitaria*, pp. 186-195. Instituto de Ciencias de la Educación. Universidad de Alicante.
- [21] Bru, D., Ivorra, S., Baeza, F.J., Crespo, M.A., Brotons, V., Navarro, M. (2015) Adaptación de la docencia en el cálculo de estructuras a las nuevas tecnologías. *En XIII Jornadas de Redes de Investigación en Docencia Universitaria*, pp. 838-847. Instituto de Ciencias de la Educación. Universidad de Alicante.